

К. А. Махмуд^{1,2}, О. Л. Ташлыков¹, А. Ф. Елвакил², Е. Е. Еласси², Б. Х. Али²

¹Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

²Egyptian Nuclear materials Authority, Каир, Египет

karetabdelazeem@yahoo.com

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ОСЛАБЛЕНИЯ ГАММА-ИЗЛУЧЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ БАЗАЛЬТОВЫХ ПОРОД

Приведения результаты исследований линейных и массовых коэффициентов ослабления γ -излучения ^{137}Cs и ^{60}Co образцами базальта Юго-Западного Синай (Египет) при энергиях 662, 1173 и 1332 кэВ.

Ключевые слова: гамма-излучение, линейный коэффициент ослабления, массовый коэффициент ослабления, базальт.

K. A. Mahmoud, O. L. Tashlykov, A. F. El wakil, I. E. El Aassy, B. H. Ali

¹Ural Federal University, Ekaterinburg

²Egyptian Nuclear materials Authority. Cairo, Egypt

DETERMINATION OF GAMMA RAY ATTENUATION COEFFICIENT OF DIFFERENT TYPES OF BASALTIC ROCKS.

Linear and mass attenuation coefficients were studied for basaltic samples from Sinai, Egypt using gamma ray sources ^{137}Cs , ^{60}Co with energies 662, 1173 and 1332 keV.

Key words: Gamma ray; linear attenuation coefficient; Mass attenuation coefficient.

Введение. В настоящее время с развитием ядерной технологии радиоактивные изотопы все шире используются во многих областях науки и техники. Защита от гамма-излучения может обеспечиваться тремя способами: увеличением расстояния от источника излучения до человека, сокращением времени пребывания в радиационных полях и

защитными материалами. Последний способ является наиболее распространенным и эффективным способом защиты человека. Коэффициент ослабления является важным параметром, характеризующим прохождение и взаимодействие гамма-излучения с веществом. Гамма излучение снижает свою интенсивность в защитном материале при прохождении через него в зависимости от вида и толщины экранирующего материала.

В мире ведутся работы по теоретическому и экспериментальному изучению коэффициента ослабления для различных элементов, соединений [1], бетонов [2, 3], природных пород [4]. Базальт – это наиболее распространенная вулканическая порода, (более 90 % всех вулканических пород). Базальт имеет низкий уровень естественной радиоактивности и является хорошим теплоизолятором.

В настоящей работе представлены исследования прохождения гамма-излучения для определения коэффициентов линейного и массового ослабления пяти различных образцов базальта при энергиях гамма-излучения (662, 1173 и 1332 кэВ). Образцы были взяты из трех типов египетских базальтовых пород (Dyke, Sill и Bomb M1, M2).

Материалы и методы. В данной работе приведены результаты исследований природных ископаемых базальтовых скал Абу Zenima районе юго-западного Синай, Египет (рис. 1). Четыре образцы базальта взяты из Вадии Budra, [28.94°N, 33.30°E] и Вадии Nukhul, [29.02°N 33.16°E].

Собранные образцы были разрезаны на пластины различной толщины. Исследование ослабления гамма-излучения проводили с использованием точечных источников. Кристалл NaI (Tl) был подключен к фотоумножителю и многоканальной карте анализатора (МСА), установленной на компьютере. Детектор был экранирован свинцом толщиной 10 см от внешнего фонового излучения и облицован изнутри медной фольгой толщиной 2 мм. Образцы также были подготовлены для химического анализа с использованием Prism ICP, Teledyne technologies.

Линейный коэффициент ослабления μ (см^{-1}) для исследуемых образцов определялся по формуле:

$$\mu(\text{см}^{-1}) = \frac{1}{x} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right), \quad (1)$$

где x – толщина материала, I_0 – интенсивность γ -излучения источника без экранирования, I – интенсивность γ -излучения источника с толщиной защитного материала x .

Массовый коэффициент ослабления ($\text{см}^2/\text{г}$) является мерой вероятности взаимодействия гамма-излучения с веществом и определяется из уравнения:

$$\frac{\mu}{\rho}(\text{см}^2/\text{г}) = \frac{1}{\rho x} \ln\left(\frac{I_0}{I}\right), \quad (2)$$

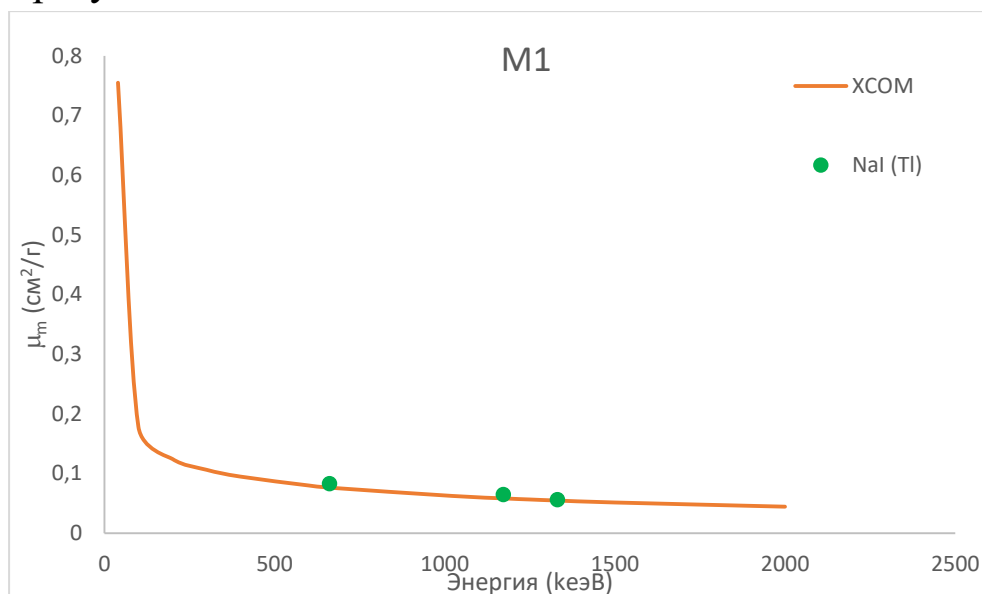
где ρ – плотность измеряемого материала, $\text{г}/\text{см}^3$.

Результаты и обсуждение. Массовые коэффициенты ослабления ($\text{см}^2/\text{г}$) для образцов базальта и свинца в качестве стандартного материала измерялись с помощью детекторов NaI (Тl). В качестве примера на рисунке представлены результаты полученные для Bomb M1. Из рисунка видно, что массовый коэффициент ослабления уменьшается с увеличением энергии гамма-излучения.

Сравнение коэффициентов массового ослабления показало, что лучшими по ослаблению гамма-излучения являются образцы Bomb M2 и M1 с коэффициентом ослабления около четверти эквивалента свинца для точечного источника ^{137}Cs и около трети для ^{60}Co . Наименьший коэффициент ослабления гамма-излучения был получен из образца базальтовой Dyke и составил примерно одну шестую эквивалента свинца для ^{137}Cs и четверть для ^{60}Co . Результаты показали соответствие между экспериментальными результатами NaI (Тl) детекторов и теоретическими расчетами, полученными с помощью расчетного кода XCOM.

Массовый коэффициент ослабления (μ/ρ) образцов базальта, в зависимости от энергии гамма-излучения, определялся экспериментально (рисунок). Сравнение измеренных значений коэффициентов с расчетными значениями, полученными с

использованием программы XCOM [6] показали удовлетворительное совпадение результатов.



Зависимость массового коэффициента ослабления образцов базальта Bomb M1 в зависимости от энергии гамма-излучения

Вывод. Проведенные экспериментальные исследования ослабляющих свойств образцов базальта по отношению к гамма-излучению изотопов ^{137}Cs и ^{60}Co показали, что наибольшие значения линейного ослабления имеют образцы – базальтовые Bomb M2, M1.

Список использованных источников

1. Mahroug, Y., Tellili, B., Souga, C and Manai, K. ParaShield : Acomputer program for calculating attenuation parameters of gamma rays and fast neutrons // Ann. Nucl. Energy. 2015. Vol. 76. P. 94–99.
2. Bashter, I. Calculation of radiation attenuation coefficient for shielding concretes // Ann. Nucl. Energy. 1997. Vol. 24. P. 1389–1401.
3. Tashlykov O. L, Shecheklein S. Ye, Lukyanenko V. Yu, Mikhaylova A. F, Russkikh I. M, Seleznev Ye. N, Kozlov A. V. The optimization of radiation protection composition // Nuclear Energy and technology. 2016. № 2. P. 42–44.
4. Betul, M. Experimental investigation of gamma ray attenuation coefficients for granites // Ann. Nucl. Energy. 2012. Vol. 44. P. 22–25.
5. Harjinder S. M, Brar G. S, Mudahar G. S. Gamma ray shielding effectiveness of novel light weight clay flayash bricks // Radiation physics and chemistry. 2016. Vol. 127. P. 97–101.
6. Berger M. J., Hubell J. H., Seltzer S. M., Chang J. S., Sukumar R., Zucker D. S., Olsen K. XCOM : photon cross section database. NIST. Standard reference database 8 (XGAM). 2010. DOI: <https://dx.doi.org/10.18434/T48G6X> URL: www.nist.gov/pml/data/xcom/index.cfm (дата обращения: 20.11.2018)